

(43) Date of publication of application : 13.06.1995

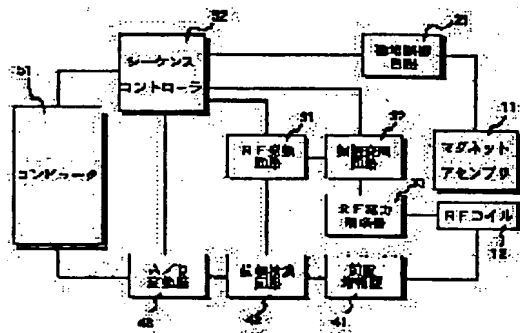
A61B 5/055
G01R 33/24

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(72)Inventor : TAKEO KAZUHIRO

(57)Abstract:

CONSTITUTION: A current for gradient magnetic fields to be applied to a magnet assembly 11 is controlled by means of a magnetic field control circuit 21, to thereby generate gradient magnetic fields G_z , G_y and G_x . An gradient magnetic field pulse for generating an eddy current magnetic field is applied, and subsequently a single excitation RF pulse is applied together with the gradient magnetic field pulse G_z for selecting slices. Next, the gradient magnetic field pulse G_y for encoding phases is applied and a gradient echo sequence which generates a gradient echo signal by inverting the gradient magnetic field pulse G_x for reading is repeated many without changing the G_y pulse in a predetermined period of time. In the predetermined period of time other than mentioned above, the gradient echo sequence is repeated while changing the G_y pulse. Thus, an image can be obtained.



[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(書誌+要約+請求の範囲)

- (19)【発行国】日本国特許庁(JP)
 (12)【公報種別】公開特許公報(A)
 (11)【公開番号】特開平7-148137
 (43)【公開日】平成7年(1995)6月13日
 (54)【発明の名称】MRイメージング装置
 (51)【国際特許分類第6版】

A61B 5/055
 G01R 33/24

【FI】

A61B 5/05 341 8825-4C
 G01N 24/00 E

【審査請求】未請求

【請求項の数】1

【出願形態】FD

【全頁数】6

- (21)【出願番号】特願平5-329934
 (22)【出願日】平成5年(1993)11月30日
 (71)【出願人】

【識別番号】000001993

【氏名又は名称】株式会社島津製作所

【住所又は居所】京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72)【発明者】

【氏名】武尾 和浩

【住所又は居所】京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地株式会社島津製作所三条工場内

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】佐藤 祐介

(57)【要約】

【目的】1回の画像化シーケンスで渦電流磁場の2次元平面上での分布を正確に画像化し、かつその時間的变化をもとらえる。

【構成】期間Aにおいて渦電流磁場発生用の傾斜磁場パルス61を発生させ、つぎに1個の励起RFパルス71とGzパルス72を加えた後Gyパルス73を加えると同時にGxパルス74を反転させてグラジエントエコー信号75を発生させるグラジエントエコーシーケンスをGyパルス73は変化させないで期間B、C、…で多数回繰り返し、この期間A、B、C、…のシーケンスをGyパルス73を変化させながら繰り返す。

【特許請求の範囲】

【請求項1】被検体に対してRFパルスを印加する手段と、スライス選択用傾斜磁場パルスを印加する手段と、位相エンコード用傾斜磁場パルスを印加する手段と、読み出し用傾斜磁場パルスを印加する手段と、エコー信号を受信し位相検波した後これをサンプリングしA/D変換してデータを得る手段と、渦電流磁場発生用の傾斜磁場パルスを発生させ、つぎに1個の励起RFパルスをスライス選択用傾斜磁場パルスとともに加えた後位相エンコード用傾斜磁場パルスを加えかつ読み出し用傾斜磁場パルスを反転させてグラジエントエコー信号を発生させるグラジエントエコーシーケンスを、位相エンコード用傾斜磁場パルス波形を変化させずに多数回繰り返すという、渦電

流磁場発生用傾斜磁場パルスとそれに続く多数回のグラジエントエコーパルスからなるシーケンスを、位相エンコード用傾斜磁場パルス波形を変化させながら繰り返すよう、上記RFパルス印加手段及び各傾斜磁場パルス印加手段を制御する制御手段とを有することを特徴とするMRIイメージング装置。

詳細な説明

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、NMR(核磁気共鳴)現象を利用してイメージングを行うMRイメージング装置に関し、とくに渦電流磁場の状態を画像化する機能を有するMRイメージング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】MRイメージング装置においては傾斜磁場をパルス状に印加するため、周囲の導体(とくに静磁場マグネットのアセンブリなど)に渦電流が流れ、これに基づいて磁場が発生することが避けられない。このような渦電流磁場は、スピンの位相に影響を及ぼし、パルスシーケンスの設計通りの位相変化を起こすことができない原因となる。そこで、従来より、この渦電流磁場を測定して、その影響がなくなるようなパルス波形などを求め、それに応じて傾斜磁場パルスの波形を調整している。

【0003】MRイメージング装置自体を用いてこの渦電流磁場の状態を画像化する(測定する)手法として、従来より、傾斜磁場パルスを発生させた後の渦電流磁場によるスピンの位相変化を利用し、2回の撮像シーケンスであらかじめ与える傾斜磁場の極性を反転し、得られたデータの差分より位相変化を2次元画像上にマッピングする方法が知られている。たとえば、撮像シーケンスとしてスピンエコー法を利用したもの(米国特許第4,910,460号)や、STEAMを利用したもの(Temporal and Spatial Analysis of Fields Generated by Currents in Superconducting Magnets: Optical of Correction and Quantitative Characterization of Magnet / Gradient System, MAGNETIC RESONANCE IN MEDICIN:20, 268-284 (1991))が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のスピンエコー法を利用した渦電流磁場画像化シーケンスでは、渦電流磁場による位相変化は180°パルスの前後で相殺されるため、用いるTE(エコー時間)によって得られるマップが異なり、正確なマッピングを行うことができないという問題がある。また、STEAMを利用したものはこの問題を解消するために考えられたものであるが、この渦電流磁場画像化シーケンスではT1値の長いファントムを用いる必要があり、この点で制約が大きい。さらに、これら従来の渦電流磁場画像化シーケンスでは、渦電流磁場の時間的变化をとらえるには傾斜磁場パルス発生タイミングを変えて何度も画像化シーケンスを繰り返す必要がある、という共通の欠点がある。

【0005】この発明は、上記に鑑み、T1値の長いファントムを用いる必要なしに渦電流磁場の2次元平面上での分布を正確に画像化でき、しかも1回の画像化シーケンスでその渦電流磁場の2次元分布の時間的变化をもとらえることができるように改善した、MRイメージング装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、この発明によるMRイメージング装置においては、渦電流磁場発生用の傾斜磁場パルスを発生させ、つぎに1個の励起RFパルスをスライス選択用傾斜磁場パルスとともに加えた後位相エンコード用傾斜磁場パルスを加えかつ読み出し用傾斜磁場パルスを反転させてグラジエントエコー信号を発生させるグラジエントエコーシーケンスを、位相エンコード用傾斜磁場パルス波形を変化させずに多数回繰り返すという、渦電流磁場発生用傾斜磁場パルスとそれに続く多数回のグラジエントエコーシーケンスからなるシーケンスを、位相エンコード用傾斜磁場パルス波形を変化させながら繰り返すことが特徴となっている。

【0007】

【作用】1個の渦電流磁場発生用の傾斜磁場パルスを加えると、渦電流磁場が発生し、それが時間の経過とともに徐々に減衰していく。そこで、1個の渦電流磁場発生用の傾斜磁場パルスを加えた後グラジエントエコーシーケンスを多数回繰り返すと、各々のグラジエントエコーシーケンスでは、その時間的に変化していく渦電流磁場の各時点での渦電流磁場の影響を受けたエコー信号が得られる。これらのグラジエントエコーシーケンスでは位相エンコード用傾斜磁場パルス波形は変化させられないため、時間的に変化していく渦電流磁場の各時点での、1ライン分のデータが収集できる。そして、この渦電流磁場発生用傾斜磁場パルスとそれに続く多数回のグラジエントエコーシーケンスからなるシーケンスを、位相エンコード用傾斜磁場パルス波形を変化させながら繰り返すので、上記のような渦電流磁場の各時点での1ライン分ずつのデータがつぎつぎに収集できる。そこで、同一のある時点の各ラインのデータを並べて2次元フーリエ変換すれば、その時点

での渦電流磁場の2次元分布を表す画像が得られるため、渦電流磁場の2次元分布を表す画像が各時点ごとに得られることになる。

【0008】

【実施例】以下、この発明の好ましい一実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。この発明の一実施例にかかるMRIイメージング装置は図1に示すように構成されている。この図1において、マグネットアセンブリ11には、静磁場を発生するための主マグネットと、この静磁場に重畳する傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルが含まれる。傾斜磁場は、傾斜磁場コイルにより、X、Y、Zの3軸方向に磁場強度がそれぞれ傾斜するものとして発生させられる。これら3軸方向の傾斜磁場の1つを選択し、あるいはそれらを組み合わせ、後述のスライス選択用傾斜磁場、読み出し(及び周波数エンコード)用傾斜磁場、位相エンコード用傾斜磁場とされる。ここでは後述のようにZ方向の傾斜磁場Gzをスライス選択用傾斜磁場とし、X方向の傾斜磁場Gxを読み出し用傾斜磁場、Y方向の傾斜磁場Gyを位相エンコード用傾斜磁場としている。

【0009】この静磁場及び傾斜磁場が加えられる空間には図示しない被検体が配置される。この被検体には、励起RFパルスが被検体に照射するとともにこの被検体で発生したNMR信号を受信するためのRFコイル12が取り付けられている。

【0010】マグネットアセンブリ11の傾斜磁場コイルに加えられる傾斜磁場用電流は磁場制御回路21によって制御され、図2に示すような波形のパルスとされた各傾斜磁場Gz、Gy、Gxが発生するようにされる。RF発振回路31からのRF信号は振幅変調回路32で振幅変調され、RF電力増幅器33を経てRFコイル12に加えられる。各傾斜磁場の波形及び振幅変調波形ないしこれらのタイミングはシーケンスコントローラ52により定められる。

【0011】RFコイル12によって受信されたエコー信号は前置増幅器41を経て位相検波回路42に送られて位相検波される。この位相検波のためのリファレンス信号として上記のRF発振回路31からのRF信号が送られている。位相検波によって得られた信号は、シーケンスコントローラ52によって制御されたA/D変換器43により所定のサンプリングタイミングでサンプルされ、デジタルデータに変換される。このデータはコンピュータ51に取り込まれる。コンピュータ51は、収集したデジタルデータから画像を再構成する処理などを行なうとともに、シーケンスコントローラ52を制御する。

【0012】このようなMRIイメージング装置において、コンピュータ51及びシーケンスコントローラ52の制御の下に図2に示すようなパルスシーケンスが行なわれる。この図2に示すパルスシーケンスでは、B、C、…の各期間でグラジエントエコーシーケンスが行なわれるが、これらの撮像シーケンスに先立つ期間Aにおいて、あらかじめ、渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61が印加される。この渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61としては、ここでは傾斜磁場GyもしくはGxを用いている。

【0013】B、C、…の各期間でのグラジエントエコーシーケンスでは、まずフリップ角 α° の励起RFパルス71を印加し、同時にGzパルス72を印加して、Z方向に直角な所定のスライス面を選択励起する。その後Gyパルス73を加えてY方向の位相エンコードを行ない、さらに反転するGxパルス74を加えてエコー信号75を発生させるとともにX方向の周波数エンコードを行なう。なお、その後に加えられるGxパルス76、Gyパルス77、Gxパルス78はスポイラ用である。このような1個のグラジエントエコーシーケンスをB、C、…の各期間でそれぞれ高速に繰り返す。B、C、…の各期間でのGyパルス73の波形は同一にしてあり、同じ量の位相エンコードが施されるようにしている。

【0014】渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61の印加により、図3に示すように、渦電流磁場62が発生する。この渦電流磁場62は時間とともに徐々に減衰していく。渦電流磁場62は完全になくなるまでほぼ3秒～4秒かかるため、そのなくなるまでの間、グラジエントエコーシーケンスを繰り返す。B、C、D、E、…の各期間での発生するエコー信号から得られる生データは、各励起RFパルス71からエコー信号75が発生するまでの間の各エコー時間で渦電流磁場62による位相シフトを受けたものとなっている。つまり生データの位相は各時点での渦電流磁場62を反映したものとなっている。ここで、Gyパルス73の波形は同じになっているので、ある1つのラインの生データが各時点ごとに得られることになる。

【0015】この期間Aでの渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61及び期間B、C、D、E、…でのグラジエントエコーシーケンスの繰り返しというシーケンス(図3で示すようなシーケンス)を、Gyパルス73の波形のみを変化させて、繰り返す。これにより各時点ごとの生データがそれぞれのラインごとに得られる。こうして収集された生データのうち、時点の同じものを(期間Bなら期間Bだけ、期間Cなら期間Cだけというように)集め、ラインごとに並べて2次元フーリエ変換すれば、各時点での渦電流磁場62の影響を受けた画像を、各時点ごとに得ることができる。

【0016】ここでは、渦電流磁場62の影響のみを取り出すため、ある位相エンコードのシーケンス(期間A, B, C, D, E, …からなる)を行なった後、その同じ位相エンコードのシーケンスを、期間Aでの渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61の極性のみを反転させて行なう。すると、このシーケンスで得られる各時点ごとの生データは、先のシーケンスでの生データと同量であるが反対方向の位相シフトを受けたものとなる。この渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61の極性が反対になっているシーケンスのペアで、各時点ごとの生データを単純にサブトラクションすると、その結果得られる生データは各時点での渦電流磁場62のみを表わすものとなる。

【0017】渦電流磁場62は、上記の傾斜磁場パルス61によって発生するものであるから、図4の実線で示すようにたとえばX方向に傾斜したものとなる。傾斜磁場パルス61の極性を反転させると渦電流磁場62は点線で示すように反対方向に傾斜したものとなる。この渦電流磁場62による位相シフトの角度はその大きさ及び極性に対応したものとなるので、渦電流磁場62の大きさが図4に示すように各位置において異なることから、位置ごとに異なる位相シフト角度となる。たとえば位置X1は中心でその位置では渦電流磁場62が0であるとすると、一方極性の渦電流磁場62によっても反対極性の渦電流磁場62によっても、図5の(a)で示すように位相シフト角度は 0° である。位置X2では一方極性の渦電流磁場62によって図5の(b)の実線で示すように $+45^{\circ}$ の位相シフトが生じたとすると、反対極性の渦電流磁場62によって図5の(b)の点線で示すように -45° の位相シフトが生じる。さらに位置X3では図5の(c)の実線と点線で示すように $+90^{\circ}$ と -90° の位相シフトが、位置X4では図5の(d)の実線と点線で示すように $+180^{\circ}$ と -180° というように、中心から離れるにしたがって渦電流磁場62が大きくなることにともない、位相シフト量はプラス方向とマイナス方向に同量だけ 360° 以上に進んでいく。

【0018】そのため、上記のような生データのサブトラクションを行なうと、位相シフト量を信号強度に変換することができる。また、実際の生データは、渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61以外の影響、たとえば静磁場の不均一やイメージングのためのGzパルス72、Gyパルス73、Gxパルス74による渦電流磁場の影響を含んでいるが、これらは傾斜磁場パルス61の極性を反転した2つのシーケンスでは変化しないと考えられるので、上記のサブトラクションにより完全に相殺され、傾斜磁場パルス61による渦電流磁場62に影響された成分のみを取り出すことができる。

【0019】こうしてサブトラクションされた後の生データを各時点ごとに集め、ラインごとに並べて2次元フーリエ変換することにより、各時点ごとに画像が得られる。この画像では、たとえばX方向に向かうにしたがって位相シフト量が 0° 、 90° 、 180° 、 270° 、…と繰り返されるため、信号強度の大小が繰り返され、そのため画像としてはX方向に並ぶ縞状のパターン(各縞はY方向に延びている)となる。渦電流磁場62の強度が変化するという事は、図4の実線と点線の傾きが変わるということであるから、その画像上での縞状パターンの周波数が変わるということになる。そこで、この各画像を観察することにより、渦電流磁場62がB, C, D, …の各時点で徐々に小さくなる様子を知ることができる。

【0020】なお、上記のように生データのサブトラクションを行なう代わりにアディションを行なってもよい。加算では図5の(a)、(d)のようなときに加算されて信号が大きくなり、図5の(c)のようなときに減算されて信号が小さくなるので、画像の縞状パターンの位相が逆になるにすぎないからである。またサブトラクション(またはアディション)後の生データは絶対値により画像再構成処理することも、符号付きで画像再構成処理することも可能である。渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61は上記のように単一のパルスとする必要はなく、様々な波形とすることができる。さらに、渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス61は上記のようにある極性として与えた後反対極性として与えるというのではなく、2回目では0とする、つまり2回目ではAの期間は省いてB, C, D, …の期間におけるグラジエントエコーシーケンスのみを行なうようにしてもよい。その他、この発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更をなし得ることは言うまでもない。

【0021】

【発明の効果】この発明のMRイメージング装置によれば、渦電流磁場の空間的分布を画像化できるとともに、渦電流磁場の時間的変化をも一度の撮像でとらえることができるようになる。そのため、MRイメージング装置の据え付け時における、渦電流磁場の測定及びそれに基づく解析・調整などに役立てることができる。

図の説明

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例にかかるMRイメージング装置のブロック図。

【図2】同実施例のパルスシーケンスを示すタイムチャート。

【図3】渦電流磁場の時間的变化を示すタイムチャート。

【図4】位置に対する渦電流磁場の大きさを示すグラフ。

【図5】渦電流磁場による位相の変化を示す図。

【符号の説明】

11 マグネットアセンブリ

12 RFコイル

21 磁場制御回路

31 RF発振回路

32 振幅変調回路

33 RF電力増幅器

41 前置増幅器

42 位相検波回路

43 A/D変換器

51 コンピュータ

52 シーケンスコントローラ

61 渦電流磁場発生用傾斜磁場パルス

62 渦電流磁場

71 励起RFパルス

72 スライス選択用傾斜磁場パルス

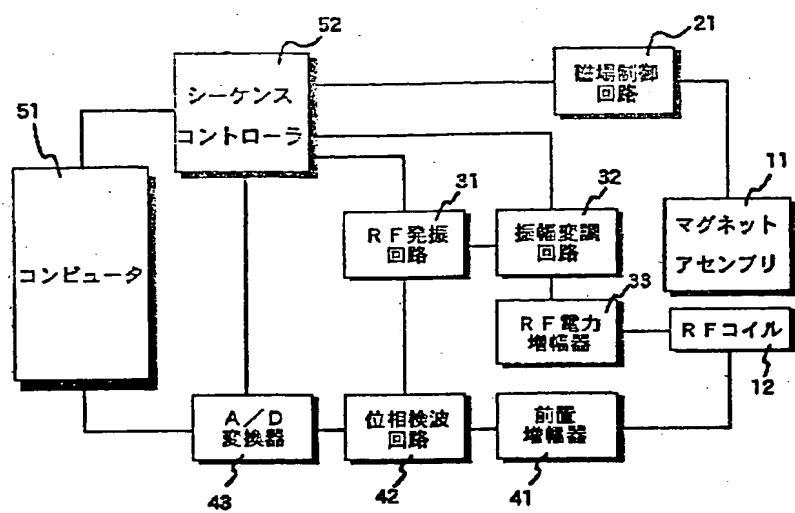
73 位相エンコード用傾斜磁場パルス

74 読み出し用傾斜磁場パルス

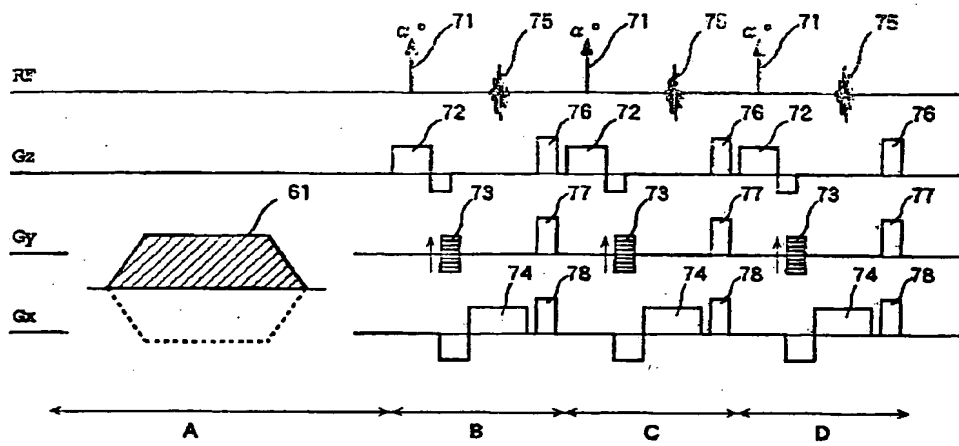
75 エコー信号

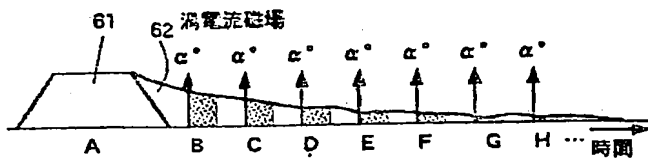
76～78 スポイラパルス

図面選択 図1

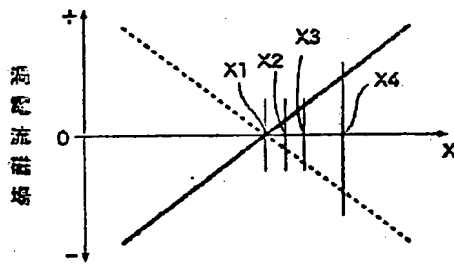


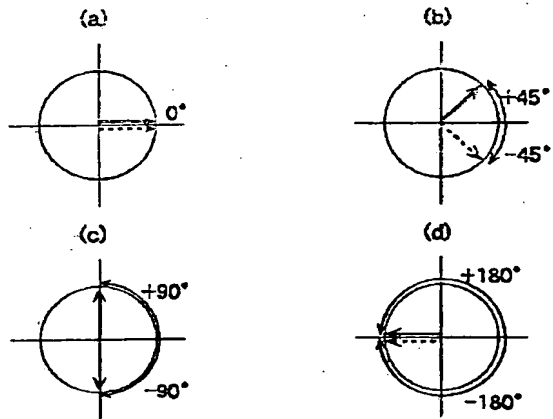
図面選択 図2





図面選択 図4





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.